

중등 수학과학 영재를 위한 피지컬컴퓨팅 교육이 융합적 역량 향상에 미치는 영향

김지현[†] · 김태영^{††}

요 약

본 연구는 아두이노 로봇 조립 및 보드 연결과 프로그래밍 협력학습이 중등 수학과학 영재 학생들의 융합적 역량 향상에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 또한, 학습기기, 조립, 실험, 프로그래밍이 결합된 컴퓨팅 사고(CT) 기반의 융합학습에 대한 학생들의 흥미와 역량 향상과의 상관관계도 알아봄으로써 수학과학 영재를 대상으로 한 CT 융합교육의 가능성을 알아보려고 하였다. 연구 결과로 대인관계능력, 정보과학적 창의성 및 통합적 사고 성향이 향상됨을 알 수 있었다. 각 사고력의 하위 요소들 간의 상관관계를 분석하여 보면, 문제 해결을 위한 지속성과 상상력, 정보과학적 흥미, 개방성, 모험심, 논리적 태도, 의사소통, 생산적 회의성 등이 학습에 중요한 요인으로 추출되었다. 따라서, 학생들이 문제를 해결하는 학습과정에서 여러 가지 사고 활동이 이루어지며, 이러한 학습의 결과로 융합적 역량도 유의미하게 향상되는 것을 알 수 있었다.

주제어 : 중등 영재, 피지컬컴퓨팅, 융합교육, 컴퓨팅 사고, 융합적 역량

The Effect of Physical Computing Education to Improve the Convergence Capability of Secondary Mathematics-Science Gifted Students

Jihyun Kim[†] · Taeyoung Kim^{††}

ABSTRACT

Our study is composed of Arduino robot assembly, board connecting and collaborative programming learning, and it is to evaluate their effect on improving secondary mathematics-science gifted students' convergence capability. Research results show that interpersonal skills, information-scientific creativity and integrative thinking disposition are improved. Further, by analyzing the relationship between the sub-elements of each thinking element, persistence and imagination for solving problems, interest of scientific information, openness, sense of adventure, a logical attitude, communication, productive skepticism and so on are extracted as important factors in convergence learning. Thus, as the result of our study, we know that gifted students conducted various thinking activities in their learning process to solve the problem, and it can be seen that convergence competencies are also improved significantly.

Keywords : Secondary Gifted Student, Physical Computing, Convergence Education, Computational Thinking, Convergence Capability

[†] 정 회 원: 춘천교동초등학교 교사
^{††} 종신회원: 한국교원대학교 컴퓨터교육과 교수(교신저자)
논문접수: 2015년 12월 10일, 심사완료: 2016년 1월 21일, 게재확정: 2016년 3월 20일

1. 서론

융합은 21세기 한국 사회의 발전을 이끌어 갈 새로운 패러다임으로 자리매김하고 있으며, 지식 융합은 대학, 기술 융합은 연구소, 산업 융합은 기업에서 활발히 이루지고 있어 각기 새로운 아이디어, 콘텐츠, 제품 서비스를 쏟아내기 시작했다. 특히, IT를 중심으로 한 각 분야에서의 융합의 동향은 현 디지털시대에서 SW교육의 중요성을 부각시키고 있으며, 세계적인 흐름뿐만 아니라 우리나라에서도 2018년 문이과 통합교육과정의 일부로서 중학교부터 의무교육을 통해 SW인재를 기르고자 추진하고 있다.

앞으로의 사회는 한 분야의 전문지식만으로 문제를 해결하기보다는 융합의 소양과 함께 학제간의 협력이 필요한 시대가 되었다. 또한 여러 학생들이 함께 참여하는 다양한 교육활동을 통해 학생들의 창의적인 꿈과 끼를 키우고 학생들 상호간의 소통능력을 증진시키는 SW교육이 필요하다고 할 수 있다.

따라서, 학습 과정에서 서로의 지식을 소통하고 타인의 감정을 이해하는 능력이 필요하다고 할 수 있으므로, 정보과학적 사고뿐만 아니라 융합적 사고력 향상을 통해 전인교육으로서의 자아실현과 상호공존의 교육목적을 충실하게 실현하는 방향으로 나아가야 할 것이다[1][2][3].

본 연구에서는 미래의 창의융합형 인재 양성을 위하여 수학과학 영재를 대상으로 피지컬컴퓨팅 교육을 실시하였다. 팀별 협력학습으로서의 피지컬 컴퓨팅 교육이 수학과학 영재의 융합적 역량 향상에 미치는 영향을 살펴봄으로써 앞으로 다양한 특성을 지닌 학습자를 대상으로 한 융합교육의 가능성과 방향을 살펴보고자 한다.

2. 관련 연구

2.1 피지컬 컴퓨팅과 교육적 효과

피지컬컴퓨팅이란, 아날로그 세계를 감지할 수 있는 컴퓨터 소프트웨어와 하드웨어를 사용하여 컴퓨터와 인간이 상호작용이 가능한 물리시스템을 구축하는 것을 의미한다.

실제적 사용에 있어서는, 소프트웨어 시스템으로 센서와 마이크로컨트롤러를 통해 아날로그 입력을 해석하거나, 모터, 서보모터, 조명(LED), 기타 다른 전자기계 장치 등을 제어하여 예술작품이나 DIY 프로젝트 등을 만드는 것을 포함한다.

이와 같이 피지컬 컴퓨팅은 다양한 하드웨어를 통해 입력받은 정보를 수신하여 사용자가 원하는 기능을 수행하도록 설계하며, 구현 목적에 따라 아두이노, 릴리패드, 라즈베리파이 등 다양한 보드를 활용하여 창의적으로 설계가 가능한 플랫폼이다[4][5].

심규현(2014)은 정보영재를 대상으로 ‘과동’을 주제로 STEAM수업을 한 결과 정보논리적사고력이 효과적으로 신장되었다고 하였다.

김찬웅(2014)은 초등학교 6학년을 대상으로 피지컬컴퓨팅교육을 실시한 결과 전자부품의 이해와 기능에 대한 학업성취에서 유의미한 성취수준을 나타냄을 연구한 바 있다.

오주형(2014)은 빛과 거리에 대한 과학이론을 아두이노를 활용하여 빛의 온도와 세기를 측정하는 실험을 하여 확인하였다.

또한, 조준희(2014)는 아두이노를 이용하여 컴퓨터기반 과학실험에서처럼 회로를 직접 설계 및 구현하는 활동을 통해 흥미도 면에서 효과가 있음을 연구한 바 있다.

이와 같이 피지컬 컴퓨팅은 직접적인 조작활동을 통해 학습자의 정보논리적사고력 및 흥미도, 집중도, 몰입도, 이해도 등에 유의미한 효과가 있음을 알 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 수학과학영재의 흥미와 적성을 고려하여 과학적인 조립활동 및 적절한 난이도와 융합적 교육내용으로 구성함으로써 학습자의 융합적 역량을 향상할 수 있도록 구성하고자 한다.[6][7][8][9]

2.2 아두이노

2.2.1 아두이노의 기원과 정의

아두이노는 처음에 학생들을 가르칠 때 사용하는 도구로 개발되었으나, 2005년에 마시모 반지와 데이비드 콰틸레스에 의해 상업용으로 개발되었

고, 전자기기에 열정을 가지고 있는 사람들의 상상력을 담아놓은 마이크로컨트롤러 플랫폼이다.

아두이노는 AVR 기반의 마이크로컨트롤러 하드웨어와 소프트웨어 개발을 쉽게 해 주는 개발환경(IDE)을 합쳐서 아두이노라고 할 수 있다 [10].

2.2.2 아두이노의 장점

첫째, Windows, Mac OS, Linux와 같은 다양한 OS를 지원하며, 아두이노 통합개발환경(IDE)을 설치하면, USB 케이블을 통해 컴파일 및 업로드를 쉽게 할 수 있다.

둘째, 회로도에는 CCL(Creative Common License)에 의해 공개되어 있으므로, 자신만의 아두이노 모듈을 만들 수 있다.

셋째, 오픈소스와 C++ 라이브러리를 통해 확장될 수 있으며, AVR 프로그래밍의 이해까지도 섭렵할 수 있다.

넷째, 다른 플랫폼에 비해 가격이 저렴하며, 초보자 수준의 사용자에서부터 전문적인 기능을 구현하는 개발자들 모두가 사용할 수 있도록 다양한 기능을 가지고 있다[11].

2.2.3 아두이노 통합개발환경 구축 방법

아두이노를 사용하기 위해서는 아두이노 보드를 위한 개발환경을 개발하고자 하는 컴퓨터에 구축을 해야 하며, 아두이노 공식 홈페이지에서 개발자의 컴퓨터 운영체제에 알맞은 프로그램을 다운받아서 설치해야 한다.

다운받은 스케치 프로그램을 실행하여 아두이노 보드의 종류, 시리얼포트 등 사용자 컴퓨터에 알맞게 기본 설정을 한 후, 아두이노 보드에서 13번 핀과 연결되어 있는 LED가 깜빡이는 것을 예제 프로그램을 업로드하여 확인해 봄으로써, 통합개발환경이 정상적으로 구축되었음을 알 수 있다 [12].

2.2.4 아두이노와 블루투스 모듈 연결

블루투스(Bluetooth)란 근거리에서 무선으로 데이터를 주고받을 수 있는 통신 기술로, 비교적 전

력 소모가 적어서 배터리로 전원을 공급해야 하는 응용분야에서 사용되는 무선 통신 기술이다.

블루투스 통신 장치가 수신한 데이터를 아두이노 보드로 보내기 위해서는 데이터 전송을 위한 핀을 연결해 주어야 하며, 스마트폰에 앱을 설치하여 폰의 블루투스 통신으로부터 데이터를 전송해야 한다.

또한, 아두이노 보드에는 블루투스 모듈과 통신할 수 있는 스케치 프로그램을 업로드해야 한다. 블루투스 모듈에는 전원 VCC핀과 GND핀, TXD핀, RXD핀이 있으며, 각각 데이터 전송을 위해 아두이노 보드의 핀과 연결이 되어야 한다[11].

2.2.5 아두이노와 모터드라이브 보드 연결

모터드라이브 보드와 모터에 연결된 선을 특히 주의해서 다루어야 하며, 모터드라이브 보드의 핀 이름을 잘 보고, 그 기능을 살펴보면서, 모터 및 아두이노 보드를 연결해 준다. 연결 후에는 모터드라이브 보드 구동 프로그램을 업로드한 후 두 모터의 진행방향을 살펴본다. 전진을 하지 않고 후진을 하거나 한 쪽 방향으로만 돌아갈 경우, 모터의 선을 바꾸어 오류를 수정해 준다.

업로드에 문제가 있을 경우에는 USB 케이블을 분리 후 다시 연결해 보거나, 우노 보드가 연결된 COM 포트의 설정을 재확인한다[11].

2.3 컴퓨팅 사고와 융합적 역량

컴퓨팅 사고(computational thinking, CT)란 추상화와 자동화를 통해 문제를 해결하는 문제해결의 한 방식이라고 할 수 있다.

문제를 해결하기 위해 자료를 수집하고 자료를 분석 후 적당한 방법으로 표현하는 것, 복잡한 문제의 해결을 위해 분석한 내용을 더 작게 나누는 것, 문제의 해결과정에서 문제에서 유추되는 일정한 패턴을 찾아 알고리즘화하고 프로그램으로 구현하여 시뮬레이션하고 가상으로 결과를 예측하는 것, 병렬화로 처리하는 것, 다시 오류를 발견하고 수정하는 것 등을 모두 포함한다고 할 수 있을 것이다.

이러한 사고과정은 모두 함께 동시에 일어나거나, 순서적이고 단계적으로 일어나기도 하지만,

이러한 추상화 과정과 자동화 과정을 거치는 컴퓨팅 사고과정을 통한 문제해결 사고방식은, 반복적이고 재귀적인 과정이나, 시간이 오래 걸리는 복잡한 시스템 설계, 오류 정정 등을 통한 해결책을 제시한다고 볼 수 있을 것이다[13][14].

또한 디지털시대의 복잡한 문제를 해결하기 위해서 우리는 컴퓨팅 사고능력 뿐만 아니라, 지식의 융합과 함께 주변과의 공감을 통해 소통과 협력을 이끌어내고 서로를 인정해주는 배려하는 마음이 필요하다고 볼 수 있다.

이상적 융합은 자신의 전문 영역 위에서 다른 분야와 연결 고리를 창의적으로 찾아내는 것인데, 기술과 인문이 만나는 교차점에서 일어난다고도 하며, 다양한 역량이 필요하다고 연구되고 있다 [15][16][17][18].

융합적 역량에 관련된 선행연구를 <표 1>로 정리하면 다음과 같다.

<표 1> 융합적 역량의 정의

연구자	융합적 역량에 대한 정의
송인섭 외 (2011)	창의성, 글로벌리더십, 전공지식 및 다양한 영역에 대한 지식
백윤수 외 (2012)	인지적 영역인 내용융합과 정의적 영역인 배려와 소통
조벽 (2014)	창의력, 기초지식, 퍼지사고력(유연한 사고력), 호기심, 모험심, 긍정심, 여유(소통)
양인선 (2015)	의사소통, 팀워크, 문제해결, 정보수집, 논리분석적 사고, 창의적 자기개발, 책임감 및 윤리의식
Kim, J. & Kim, T. (2015)	의사소통능력, 창의적문제해결력, CT능력, 대인관계능력, 자아존중감, 탐구능력, 과제집착력

위 <표 1>에서 알 수 있듯이 융합적 역량 속에 대인관계능력과 창의성, 모험심, 문제해결, 논리적 태도, 몰입, 긍정성 등을 모두 포함하고 있다.

이러한 융합적인 역량은, 상호 협력으로 지식의 융합을 통해 새로운 결과를 창출하는 창의적인 문제해결방안을 모색함으로써 더욱 향상될 것이다[17][18][19][20][21][22].

따라서, 본 연구에서는 위의 융합적 역량의 정의에 따라 대인관계능력 검사와 정보과학 창의적 성향 검사 및 통합적 사고 검사를 통해 피지컬컴퓨팅교육이 융합적 역량 향상에 미치는 영향을

알아보고자 한다.

3. 연구내용

3.1 학습자의 특성을 고려한 학습설계

이석주(2009)의 연구에 의하면, 정보영재와 수학영재의 다중지능에 있어 공통되고, 다소 비슷한 점을 볼 때 차별을 두기 보다는 서로 통합적이고 상호보완적인 교육 방법을 통해 보다 폭넓은 영재로의 교육의 필요성을 제안한 바 있다[23].

따라서, 본 연구에서는 수학과학영재의 흥미와 적성을 고려함과 동시에 정보과학적 내용을 난이도를 조절하여 학습내용을 구성하고자 하였다.

첫째, 수학과 과학에 흥미를 갖는 영재의 특성에 맞추어 구성하였다. 즉, 계산과 실험 및 조립과정을 포함하면서 아두이노를 활용한 실험장치를 기초단계에서부터 심화단계까지 단계별 교육과정으로 구성하였으며, 주로 초·중급의 학습시간을 많이 두어 구성하였다.

둘째, 실습이 끝나도 방과 후 학습을 계속할 수 있도록 고려하여 구성하였다. 아두이노 통합개발 환경을 스스로 구축할 수 있도록 기본용어와 기초내용에 충실한 교육내용을 중심으로 구성하였다.

셋째, 수업 중에 미션을 수시로 제시하였다. 간단한 실험 후에 좀 더 복잡한 장치를 구현하기 전에 프로그램의 내용을 간단히 수정해 보며, 프로그램에 적응하는 연습을 하고, 다음으로 조금 더 복잡한 내용을 미션으로 제시하여 먼저 학습한 내용을 활용하여 구성하는 연습을 수행하도록 하였다.

넷째, 수학과학 영재를 위한 융합형태의 과정으로 구성하고자, 조립한 자동차를 아두이노와 연계하여 프로그래밍으로 이어지도록 하였으며, 호기심을 유발하기 위해 스마트폰과 연동하는 주제로 선정하였다.

다섯째, 4차시로 구성되므로 너무 지루하거나 힘들면 학습에 대해 흥미를 잃을 수도 있으므로 최대한 기본적인 내용과 흥미로운 내용이면서도 중학교 3학년 영재를 대상으로 하므로 심화내용도 함께 구성하였다.

3.2 팀협력학습의 프로그래밍 실습내용

학습내용의 구성은 아두이노를 배운 적이 없는 것을 전제로 <표 2>와 같이 4차시로 구성하였다.

<표 2> 아두이노 프로그래밍 실습내용

차시	학습주제	학습내용	학습형태
1	아두이노 통합개발 환경구축	아두이노의 특징과 활용 분야	개별 학습
		아두이노 보드의 구조와 핀의 기능	
		아두이노 S/W 다운로드 및 설치	
		아두이노 보드 드라이버 설치	
		스케치 프로그램의 메뉴 익히기	
		스케치프로그램 업로드환경 설정	
2	아두이노 LED 제어	실습자료의 명칭과 사용법	개별 학습 또는 협력 학습
		아두이노 보드와 빵판의 회로 구성 방법	
		회로 구성시 유의사항	
		빵판에 점퍼선 연결하여 LED 한 개 켜기	
		예제프로그램을 업로드하여 LED 깜박이기	
		LED 깜박이는 속도 자유롭게 조절하기(미션)	
		가변저항으로 LED 밝기 제어하기	
		LED 두 개 켜기(미션)	
		LED 교대로 깜박거리게 프로그램 수정하기	
		LED 한 개의 깜빡임 속도 제어하기(미션)	
피에조로 표준 피치 '라'음 소리내기			
3 & 4	아두이노 자동차 조종	자동차 조립시 유의사항	협력 학습
		아두이노 자동차 조립하기(미션)	
		모터 드라이브 보드 점퍼선으로 연결하기	
		모터 드라이브 보드 구동 프로그램 업로드	
		블루투스 모듈 점퍼선으로 연결하기	
		블루투스 모듈 테스트하기(미션)	
		블루투스 모듈 제어 앱 설치하기(미션)	
		스마트폰으로 아두이노 자동차 제어하기	
오류 수정하기			

1차시에는 아두이노를 소개하고, 스케치 프로그램을 관련 사이트에서 다운로드하고 설치하는 내용을 학습한다.

2차시에는 아두이노 보드와 브레드보드(빵판) 및 LED, 저항 등 기본적인 자료의 특징과 사용상의 유의점에 관련된 내용과 간단한 실험과 함께

프로그램 내용을 수정하여 명령어와 실험장치의 상호작용을 학습하게 된다.

3차시에는 협력학습으로 팀별로 역할을 나누거나 서로 도우며, 아두이노 자동차를 조립하고 블루투스 모듈을 테스트하고, 모터드라이브 보드를 결선하는 과정을 포함한다. 결선 후 각각의 모듈을 업로드하고 자동차를 작동하여 결선의 오류 또는 진행방향에 대한 관찰을 통해 수정작업을 하는 내용으로 구성되었다.

4차시에는 3차시와 따로 구분하지 않고 이어서 하며, 스마트폰에 블루투스 앱을 설치하여 직접 조정하는 단계까지이다.

3.3 학습주제별 CT 구성요소

아두이노를 활용하여 학습하는 과정에서 학습주제에 따른 CT의 구성요소와 연관된 내용을 추출하면 <표 3>의 내용과 같다[24][25][26].

<표 3> 학습주제에 따른 CT 구성요소

학습주제	Computational Thinking					
	CT 학습요소 적용					
	추상화			자동화		
	데이터 표현	패턴 인식	문제 분해	알고리즘	시뮬레이션	오류 검증
아두이노 통합 개발환경 구축			○			○
아두이노로 LED 제어	○	○	○	○	○	○
아두이노 자동차 조종	○	○	○	○	○	○

3.3.1 학습주제별 프로그래밍 명령어와 기능

학습주제별 아두이노 프로그래밍에 사용된 명령문과 그 기능을 요약하면 <표 4>와 같다[27].

<표 4> 학습주제에 따른 프로그래밍 명령어

학습주제	아두이노 프로그래밍 명령어		
	번호	명령문 및 기호	기능
아두이노 보드로 LED 제어	1	void setup()함수	아두이노 보드 핀 설정
	2	void loop()함수	내부 명령 무한반복
	3	pinMode()	핀의 입출력 상태를 설정
	4	digitalWrite()	출력으로 설정된 포트의 출력 상태를 결정
	5	delay()	1000분의 1초(ms)단위로 시간을 지연
	6	analogRead()	아날로그 입력 단자로부터 읽은 아날로그 값을 읽어옴
	7	;	하나의 명령이 끝남을 표시
	8	{ }	함수를 하나로 묶거나, 함수 명령문의 조건을 만족할 경우 수행되는 명령들을 묶음
	9	//	주석문, 설명
	10	int	정수형 변수 선언
아두이노 보드로 자동차 조정	11	#include<*.h>	헤더파일
	12	SoftwareSerial BTSerial()	블루투스 수신, 송신 핀 가상포트 설정
	13	if() {}/if(){else{}}	()안의 조건에 만족하면 {}의 명령을, 반대의 경우, else{} 안의 명령을 수행함
	14	Serial.begin	시리얼 연결속도 설정
	15	Serial.print	시리얼 송신포트로 시리얼 데이터를 송신
	16	move()	모터의 방향결정
	17	stop()	모터정지
	18	boolean	논리형변수 선언
위, 1-5, 7-10			

3.4 아두이노 실험장치 꾸미기

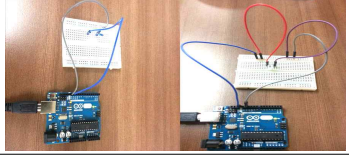
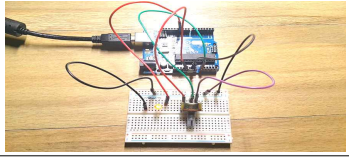
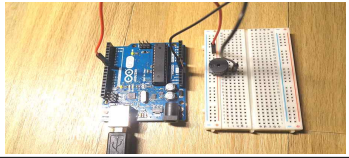
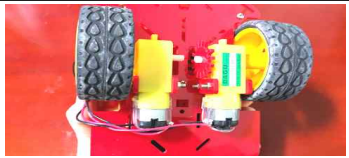
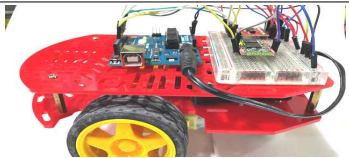
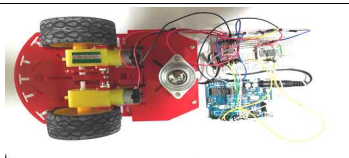
각 실험주제별 실험장치를 꾸민 모습은 <표 5>와 같다. 학생들이 간단한 실습부터 자동차 조립까지 서로 협력하여 활동하는 부분으로 구성하였다.

특히, 아두이노 자동차 로봇의 경우는, 조립과정, 점퍼선 연결과 구동 부분으로 미션을 주어 대회를 열었다. 따라서, 학생들은 몰입을 하여 열심히 한 부분도 있겠지만, 조립의 경우엔 한 사람이 보조를 해 주어야만 가능한 부분이 많은 부분이 있었다.

또한 점퍼선 연결에서 스마트폰으로 조정하는 부분도 서로 도와가며 해야 하는 부분이 대부분이어서 상호협력을 활발히 유도하는 교육활동이

라고 볼 수 있다.

<표 5> 학습주제에 따른 실험장치 꾸민 모습

주제	실험장치	
led 한 개 켜기		
led 밝기 조절하기		
피에조 '라'음 내기		
아두이노 자동차	모터 연결	
	블루투스& 모터드라이브 보드 연결	
	완성된 모습	

3.5 아두이노 통합개발 실습환경

실습환경은 인터넷 가능 컴퓨터, 아두이노 우노 보드, 아두이노 이동로봇 조립 부품세트, 모터 드라이버 보드, 블루투스 모듈, 안드로이드 스마트폰, 점퍼선, 빵판(브레드보드), USB케이블, 건전지(1.5V) 4개, 저항, 가변저항, LED 2개 이상, 인터넷 가능 환경이 필요하다.<표 6>, <표 7> 참조)

<표 6> 아두이노 하드웨어환경

하드웨어	모델명
아두이노 보드	Arduino Uno
저항	가변저항, 300Ω
블루투스 모듈	JMOD-BT-1, HC-06
모터 드라이브 보드	TB6612FNG
안드로이드폰	Galaxy Note 4

<표 7> 아두이노 소프트웨어 환경

소프트웨어	프로그램명
프로그램	Arduino-1.06
운영체제	Windows 8.1k
블루투스 앱	Blueterm Terminal

4. 연구방법

4.1 연구대상

본 연구는 K 대학교 부설 영재교육원의 중학교 3학년 수학과학 영재 9명을 대상으로 실시하였으며, 2015년 9월 둘째 주 토요일 4시간의 집중 수업을 통하여 학습한 내용이다. 수업운영은 2시간씩 이어서 하였다.

협력학습을 위한 팀원 구성은 남녀 구분없이 2인 1조로 구성하였다. 인원 구성은 (남, 남)으로 구성된 팀이 두 팀, (여, 여)로 구성된 팀이 두 팀, 남학생 1명으로 구성된 팀이 한 팀으로 모두 5팀으로 구성되었다.

협력학습의 효과를 높이기 위해선, 서로 성격이 비슷할수록 편하게 수업을 할 수 있다고 보아, 1명으로 구성된 팀의 학생은 주로 교사와 대화를 통해 학습의욕을 돋우어 주기도 하고, (남, 남)으로 구성된 팀 중의 한 명과도 상호교류를 하도록 지도하였다.

또한, 아두이노에 대한 사전 학습경험은 모두 없는 것으로 조사되었다.

4.2 검사도구 및 분석방법

연구 분석 도구는 SPSS 21버전이며, 사전과 사후검사로써 대인관계능력, 정보과학 창의적 성향, 통합적 사고 성향 검사로 모두 3가지이다.

대인관계능력 검사는 이형득과 문선모(1980)의

검사를 사용하였다. 검사의 하위요소는 만족감(4), 의사소통(5), 신뢰감(3), 친근감(3), 민감성(2), 개방성(4), 이해성(4)의 7개 영역과 25개의 문항이며, Likert식 5점 척도에 따라 1점부터 5점까지 응답하도록 구성되었다.

정보과학 창의적 성향 검사는 진영학(2012)의 검사 도구를 사용하였다. 검사의 하위요소는 문제 해결을 위한 상상, 정보과학에 대한 흥미, 과제몰입, 긍정성이며, 22문항과 Likert식 5점 척도에 따라 구성되었다.

통합적 사고 성향 검사는 강충열 외(2010)의 검사도구를 사용하였으며, 검사의 하위요소로는, 논리적 태도, 모험심, 문제해결 지속성, 독립적 몰입, 생산적 회의성이다. 모두 22문항으로 역시 5점 척도로 구성되었다[28][29][30].

검사 결과, 대응(종속)표본 t-검정을 통하여 사전과 사후 검사를 검증하여 학습 효과를 분석하였다[31].

4.3 대인관계능력 검사 결과

4.3.1 대인관계능력 사전 사후 t-검정 결과

학생들의 대인관계능력 검사를 대응표본 t-검정으로 사전 사후 검사 결과를 분석한 결과는 <표 8>과 같다.

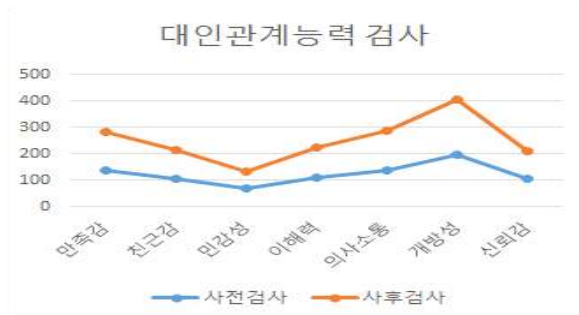
<표 8> 대인관계능력 검사의 t-검정 결과

	사전 검사	사후 검사
평균	95.33	100.22
표준편차	9.682	10.097
사례수	9	9
t	-3.805**	
유의확률	.005	

사전 대인관계능력과 사후 대인관계능력의 차이에 대한 통계적 유의성을 검증한 결과 t 통계값은 -3.805, 유의확률은 0.005로서 유의수준 0.01에서 피지컬컴퓨팅 프로그램 협력학습이 수학과학 영재학생들의 사전 사후 대인관계능력에 차이가 있는 것으로 분석되었다.

4.3.2 대인관계능력 요소별 분석 결과

대인관계 검사 요소별 증감 변화는 [그림 1]과 같다. 대인관계능력 요소 중 개방성에 관련된 항목이 가장 많이 향상되었다.



[그림 1] 대인관계능력 요소별 증감표

또한, 개방성에 관한 검사 결과는 <표 9>의 결과와 같이 유의확률 .05수준에서 유의함으로 분석되었다. 의사소통은 유의확률 .06으로서 유의함에 근접한 결과로 분석되었다. 따라서, 피지컬 컴퓨팅 협력학습은 개방성과 의사소통능력이 향상됨을 알 수 있다.

<표 9> 대인관계능력 요소별 t-검정 결과

구성요소	사전		사후		t	p
	M	SD	M	SD		
만족감	15.44	3.25	16.22	2.95	-1.94	.088
의사소통	15.44	2.35	16.67	2.00	-2.13	.065
개방성	21.67	3.354	23.67	3.606	-2.83*	.022

4.3.3 학생팀의 학업성취별 증감 분석 결과

영재학생들의 수업활동과 관련지어 대인관계능력 검사 결과를 분석하여 보면 <표 10>과 같다.

<표 10> 학업성취도와 대인관계능력의 증감 분석

팀별 학생		사전		사후		조립 순위	로봇 조정	증감	
		총점	등위	총점	등위			점수	등위
해팀	B	94	5	106	3	3	성공	+12	+2
	E	76	10	86	9			+10	+1
별팀	C	94	5	102	5	1	.	+8	0
	D	117	1	115	1			-2	0
달팀	H	93	7	93	7	3	.	0	0
	I	107	2	112	2			+5	0
꽃팀	F	97	4	97	6	2	.	0	-2
	G	101	3	103	4			+2	-1
	A	82	9	88	8			+6	+1
계		861		902			+41		

해팀의 학생은 수업 후 로봇 시연 활동을 성공적이고 가장 빨리 성공한 팀으로서 조립보다는 아두이노 보드와 블루투스 모듈 및 모터드라이브 보드와의 점퍼선 연결을 더 능숙하게 하고 앱을 설치하여 로봇을 조정하는 활동에 성공하였으며, 대인관계 능력도 가장 많이 향상된 것으로 나타났다. 처음부터 끝까지 적극적인 활동과 서로 간의 긴밀한 협조가 이루어진 팀이었다.

D에 해당하는 별팀은 조립을 가장 빨리 하였으나, 주로 혼자 독자적으로 수행하였다. 점퍼선과 보드 연결 및 프로그램 업로드 및 조정 작업을 주도적으로 하였던 C학생은 D학생과의 협력활동을 더 활발하게 하였고, 대인관계능력도 더 많이 향상된 것으로 나타났다. 따라서, 상호협력활동이 대인관계에 영향을 준다는 점을 시사함을 알 수 있다.

4.4 정보과학 창의적 성향 검사 결과

학생들의 정보과학 창의적 성향 검사를 대응표본 t-검정으로 사전 사후 검사 결과를 분석한 결과는 <표 11>과 같다.

<표 11> 정보과학 창의적 성향 검사의 t-검정 결과

	사전 검사	사후 검사
평균	160.67	167.33
표준편차	18.097	15.460
사례수	9	9
t	-3.393**	
유의확률	.009	

사전 정보과학 창의적 성향과 사후 정보과학 창의적 성향의 차이에 대한 통계적 유의성을 검증한 결과 t 통계값은 -3.393, 유의확률은 0.009로서 유의수준 0.01에서 피지컬컴퓨팅 프로그램 협력학습이 수학과학 영재학생들의 사전 사후 정보과학 창의적 성향에 차이가 있는 것으로 분석되었다.

<표 12> 정보과학 창의적 성향 요소별 t-검정 결과

구성요소	사전		사후		t	p
	M	SD	M	SD		
문제해결을 위한 상상	40.33	7.14	41.89	6.62	-1.90	.09
정보과학에 대한 흥미	61.89	11.14	54.33	5.57	2.89*	.02
과제몰입	34.1	3.92	34.3	5.59	-1.16	.87
긍정성	31.67	5.10	32.78	4.84	-1.47	.17

<표 12>의 결과는 정보과학 창의적 성향의 요소별로 대응표본 t-검정으로 분석한 결과이다.

문제해결을 위한 상상은 유의수준에 가깝게 조금 향상됨으로 분석할 수 있다. 정보과학에 대한 흥미가 유의확률 .02수준에서 감소된 결과가 유의하다는 결과가 나왔다.

정보과학에 대한 흥미가 감소한 이유는, 학습자와의 질의응답을 통해 아두이노 수업에서 기기도 흥미롭고 재미가 있었지만, 3-4차시의 심화학습의 수준이 학습자에게 어려웠고 시간이 부족해서인 것으로 짐작해 본다. 성공한 팀은 아두이노 보드와의 결선이 정확하여 블루투스 테스트까지 모두 잘 이루어져 성공한 것이다.

위 결과를 토대로 아두이노의 처음 수업은, 쉬운 단계에서부터 알맞은 분량의 내용으로, 점차적으로 수준을 높여가는 과정으로 구성하는 것이 필요하다고 하겠다.

4.5 통합적 사고 성향 검사 결과

학생들의 통합적 사고 검사를 대응표본 t-검정으로 사전 사후 검사 결과를 분석한 결과는 <표 13>과 같다.

<표 13> 통합적 사고성향 검사의 t-검정 결과

	사전 검사	사후 검사
평균	80.25	91.50
표준편차	5.600	7.653
사례수	8	8
t	-3.980**	
유의확률	0.005	

사전 통합적 사고와 사후 통합적 사고의 차이에 대한 통계적 유의성을 검증한 결과, t 통계값은 -3.980, 유의확률은 0.005로서 유의수준 0.01에서 피지컬컴퓨팅 프로그램 협력학습이 수학과

학 영재학생들의 사전 사후 통합적 사고 향상에 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다.

<표 14> 통합적 사고 성향 요소별 t-검정 결과

구성요소	사전		사후		t	p
	M	SD	M	SD		
논리적 태도	33.0	13.95	29.0	2.62	.797	.45
모험심	11.38	3.07	11.75	2.54	-.513	.62
문제해결 지속성	15.0	1.60	16.0	1.77	-2.646*	.03
독립적 몰입	10.38	2.44	10.63	2.56	-.683	.51
생산적 회의성	17.63	2.06	18.63	2.26	-2.160	.06

통합적 사고 성향의 요소별 대응표본 t-검정으로 분석한 결과, <표 14>와 같이 문제해결 지속성의 향상이 유의확률 0.05 수준에서 유의한 것으로 분석되었으며, 생산적 회의성은 0.06으로 유의함에 근접한 것으로 나타났다.

따라서, 피지컬 컴퓨팅교육은 수학과학 영재 학생들의 문제해결 지속성과 생산적 회의성 향상에 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

4.6 흥미도와 대인관계능력의 상관관계

각 검사의 분석 결과로 흥미도는 대인관계능력 검사의 사전 사후 검사 결과 모두와 상관관계가 높았으며, <표 15>와 같이 유의확률 0.05 수준에서 유의함으로 분석되었다.

<표 15> 흥미도와 대인관계능력의 상관관계

		대인관계능력	
		사전	사후
흥미도	Pearson 상관계수	.755*	.725*
	유의확률 (양쪽)	.019	.027

흥미도와 대인관계능력 검사에 대한 구성요소별 상관관계를 분석한 결과는 <표 16>과 같다.

<표 16> 구성요소별 상관관계 문항표 (흥미도와 대인관계능력 검사에 대한)

검사종류	문항번호	상관관계	대인관계능력 검사		
			1번	2번	4번
흥미도 검사	2 (수업 재미)	문항	1번	2번	4번
		요소	만족감		
	4 (활동 참여)	문항	1번	.925**	.795**
		요소	만족감		
8	문항	CR	.868**	.745*	.870**
		20번			

(로봇 조립)	요소	개방성		
	CR	.733**		
9 (장치 연결)	문항	3번	7번	12번
	요소	만족감	이해력	개방성
	CR	.730*	.813*	.717*
12 (기기 흥미)	문항	1번	20번	
	요소	만족감	개방성	
	CR	.713*	.870**	
15 (계속적 탐구)	문항	12번	18번	20번
	요소	개방성	의사 소통	개방성
	CR	.729*	1**	.716*

상관계수: Pearson(이하 CR)

** : 유의수준(이하 P값, 양쪽) 0.01에서 유의함

* : 유의수준(이하 P값, 양쪽) 0.05에서 유의함

흥미도와 대인관계능력 검사의 상관관계를 분석하여 보면, 아두이노 수업에 재미를 느끼고 열심히 참여하는 학생일수록 만족도가 높았다. 조립시간이 재미있다고 느낀 학생은 개방성이 향상되었다. 실험장치 연결이 흥미로웠던 학생은 만족감, 이해력, 개방성이 향상되었다. 학습기기에 대한 긍정적 흥미는 만족감 및 개방성 향상과 상관관계가 있었다. 지속적인 탐구의욕을 가진 학생은 의사소통도 활발하고 개방성이 향상되는 경향을 보여주었다.

흥미도 조사는 수업 이후에 한 것으로서, 수업결과와 연관지어 살펴보면, 아두이노 수업 기기에 대한 흥미도가 높은 학생은 조립과 장치 연결 활동에 활발하게 활동함을 알 수 있으며, 대인관계능력도 더 많이 향상됨을 알 수 있었다.

또한, 아두이노 수업에서 조립 및 실험장치를 연결하는 것에 대한 흥미는 대인관계능력 구성요소 중 개방성과 관련이 깊고, 의사소통, 이해력, 만족감과 상관관계가 높은 것으로 분석되었다.

4.7 검사 요소별 상관관계 분석

대인관계능력과 정보과학 창의적 성향 및 통합적 사고 검사 결과를 상관분석하여 나타내면 <표 17>과 같다.

<표 17> 검사 요소별 상관관계 분석

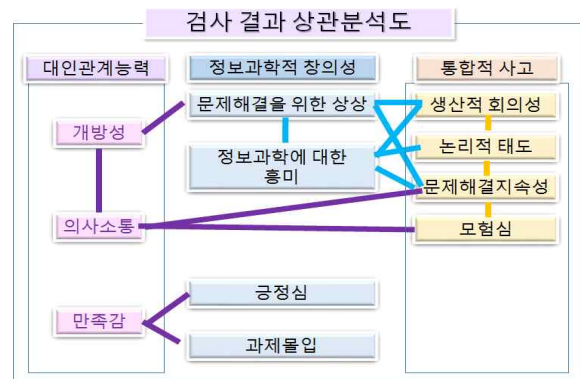
	만족감	의사소통	개방성	문제해결을위한 상상	정보과학에대 한흥미	과제 몰입
만족감	1	0.311	0.278	0.117	0.398	.708*
의사소통	0.311	1	.780*	0.648	0.662	0.492
개방성	0.278	.780*	1	.689*	0.66	0.062
문제해결을위한 상상	0.117	0.648	.689*	1	.764*	0.106
정보과학에대한 흥미	0.398	0.662	0.66	.764*	1	0.329
과제몰입	.708*	0.492	0.062	0.106	0.329	1
긍정성	.862**	0.288	0.217	0.284	0.402	.774*
논리적 태도	0.357	0.514	0.296	.786*	.774*	0.495
모험심	0.369	.748*	0.362	0.628	0.494	.672*
문제해결지속성	0.401	.832**	.739*	.855**	.756*	0.522
독립적 몰입	-0.551	-0.297	-0.207	0.203	0.171	-0.386
생산적 회의성	0.085	0.623	.733*	.777*	.836**	-0.086

	긍정성	논리적 태도	모험심	문제해결 지속성	독립적 몰입	생산적 회의성
긍정성	1	0.501	0.554	0.557	-0.317	-0.005
논리적 태도	0.501	1	.699*	.768*	0.263	0.594
모험심	0.554	.699*	1	.753*	-0.164	0.357
문제해결지속성	0.557	.768*	.753*	1	-0.066	0.595
독립적 몰입	-0.317	0.263	-0.164	-0.066	1	0.277
생산적 회의성	-0.005	0.594	0.357	0.595	0.277	1

* : 유의수준 0.05에서 유의함

** : 유의수준 0.01에서 유의함

요소간 상관관계 정도를 알아보기 쉽도록 상관관계 분석 결과를 [그림 2]로 나타내어 보았다.



[그림 2] 검사 요소의 상관관계도

종합적인 분석 결과, 개방성과 문제해결을 위한 상상, 생산적 회의성이 서로 상관관계가 높으며, 그 중심에는 문제해결을 위한 상상력이 있음을 알 수 있다. 또한 문제해결지속성과 정보과학적 흥미, 개방성, 문제해결을 위한 상상력도 서로 상

관관계가 높은 것을 알 수 있다.

따라서, 피지컬 컴퓨팅 협력학습 중에 나타난 학생들의 사고방식은 문제를 해결하기 위해 지속적으로 노력하고, 문제를 해결하기 위해 끊임없이 상상력을 발휘하며 소통하는 가운데, 몰입하게 되며 이러한 학습을 위해서는 모험심과 긍정심, 논리적 태도를 필요로 함을 알 수 있고, 정보과학적 흥미도 학습에 필요함을 알 수 있겠다.

5. 결론 및 논의

본 수업은 중등 수학과학 영재들을 대상으로 하며 융합적 역량 향상에 초점을 맞추어 아두이노 보드를 제어하는 학습을 하였다. 수학과학 영재의 특성을 반영하여 학습자의 흥미를 유발하기 위하여, 간단한 조작으로 결과 확인이 가능한 LED 제어와 로봇 조립 과정을 두었다. 또한, 영재의 특성상 심화단계로서 스마트폰으로 로봇 조정하는 주제로 구성하였다.

연구 결과, 실험에 사용한 도구를 비롯하여, 피지컬컴퓨팅 교육은 수학과학 영재 학생들의 대인관계능력과 정보과학 창의적 성향 및 통합적 사고 향상에 유의미한 영향을 주는 것으로 나타났다.

본 연구는 영재의 적성에 맞게 실험과 조립을 많이 경험할 수 있도록 설계하였으며, 학생들의 흥미와 적성과 연결되어 적극적인 수업이 되었다고 볼 수 있을 것이다. 학생들은 학습에 사용한 아두이노 보드 및 실험 장치를 연결하는 것에 흥미를 가지고 있었으며, 프로그래밍에 흥미가 있는 학생일수록 더 적극적인 활동과 몰입을 보여 준 것을 알 수 있다.

그러므로, 학생들이 아두이노 실험장치 및 기기 연결과 조립, 프로그래밍에 대한 흥미를 가짐으로써, 서로 개방적인 태도로 서로 소통하고, 문제를 해결하기 위하여 지속적으로 노력하며, 해결책을 생각해내는 몰입적인 사고과정을 경험할 수 있는 계기가 되고 이러한 활동으로 인한 적극적인 수업활동을 통해 융합적 역량이 조금씩 향상되고 있음을 시사한다고 할 것이다.

앞으로의 수학과학 영재 학생들을 위해 피지컬 컴퓨팅 수업을 준비한다면 다음의 몇 가지를 고

려하면 좋을 것 같다.

첫째, 처음수업은 하나씩 천천히 생각할 수 있는 활동으로 구성한다.

둘째, 작은 성공의 경험을 많이 체험할 수 있도록 구성한다.

셋째, 더 많이 상상하고, 소통하며, 흥미롭게 탐구할 수 있도록 하되, 적당한 시간과 난이도를 고려한 단계적 학습내용으로 구성한다.

참고문헌

- [1] 송태옥(2015). 소프트웨어교육의 목적과 방향. 한국컴퓨터교육학회 학술발표논문집, 19(2), 23-26.
- [2] <http://www.software.kr>
- [3] 한국경제신문특별취재팀(2013). 융합형 인재의 조건. 한국경제신문사.
- [4] <http://itp.nyu.edu/physcomp>
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Physical_computing
- [6] 심규현·이상욱·서태원(2014). 아두이노를 활용한 STEAM 커리큘럼 설계, 적용 및 효과 분석. 한국컴퓨터교육학회 논문지, 17(4), 23-32.
- [7] 김찬웅(2014). 초등학교 정보과학 연관 교과에 아두이노를 이용한 피지컬 컴퓨팅의 적용방안. 석사학위논문, 경인교육대학교.
- [8] 오주형 외(2014). 아두이노 기반 실험 교육이 갖는 피지컬 컴퓨팅의 효과. 한국컴퓨터교육학회 학술발표논문집, 18(1), 101-104.
- [9] 조준희 외(2014). 온실효과 실험에서 피지컬컴퓨팅 기반 스텝 교육의 효과 분석. 한국컴퓨터교육학회 학술발표논문집, 18(1), 111-115.
- [10] 사이먼 몽크(2013). 스케치로 시작하는 아두이노 프로그래밍. 경기:제이펍(주).
- [11] 김성필(2015). 따라하다 보면 아두이노 배우기(3판). 서울:복두출판사.
- [12] 김경연 외(2014). 아두이노 완전정복. 서울:복두출판사
- [13] Wing, J. M.(2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
- [14] Irene L. et. al. (2011). Computational thinking for youth in practice. *ACM Inroads*, 2(1), 32-37.
- [15] 김지현·김태영(2015). CT기반 융합교육을 위한 기초 연구. 컴퓨터교육학회 학술발표논문집, 19(1), 69-72.

- [16] 신동희(2014). **창조경제와 융합**. 커뮤니케이션북스
- [17] 최재천 외(2014). **창의융합콘서트**. 서울:웅진씽크빅(주).
- [18] 백윤수 외(2012). **융합인재교육(STEAM) 실행방향 정립을 위한 기초연구**. 한국과학창의재단.
- [19] 송인섭 외(2011). 한국 영재교육의 방향 모색. **영재와 영재교육**, 10(3), 75-95.
- [20] 양인선(2015). **융합형 영재의 역량모델 개발**. 석사학위논문, 한국교원대학교.
- [21] Kim, J., & Kim, T.(2015). The characteristic analysis of student's performance in elementary CT-gifted e-learning education. *EDULEARN15 Proceedings*, 4517-4524.
- [22] 김정호(2012). **미술과 중심의 융합인재교육(STEAM)이 미술과 교육과정에 주는 시사점 탐색**. 한국교육과정평가원 연구보고 RRC, 2012(8).
- [23] 이석주(2009). **정보영재와 수학영재의 특성 및 통합운영에 관한 연구**. 석사학위논문, 공주교육대학교.
- [24] 최현종(2013). **계산적 사고 교육을 위한 중학교의 학습요소 추출과 정보 교과서 분석**. 한국컴퓨터교육학회 논문지, 16(6). 45-54.
- [25] <http://csta.acm.org/Curriculum/sub/Curr-Files/CT-ExamplesTable.pdf>
- [26] Barr, V. & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12: What is involved and what is the role of the computer science education community?. *ACM Inroads*, 2(1), 48-54.
- [27] 채진욱(2011). **아두이노 for 인터랙티브 뮤직**. 서울:인사이트.
- [28] 이형득, 문선모(1980). **인간관계훈련 집단상담의 효과에 관한 연구**. 경상대 연구집, 19호, 195-203.
- [29] 강충열 외(2010). **초등학생 통합적 사고성향 척도의 개발 및 구인타당도 검증**. 사고개발, 6(1), 106-124.
- [30] 진영학(2012). **정보과학 창의적 성향 검사 도구 개발**. 박사학위논문, 한국교원대학교.
- [31] 성태제(2013). **SPSS/AMOS를 이용한 알기 쉬운 통계분석**. 서울:학지사(주).



김지현

1989 춘천교육대학교
수학교육과(교육학학사)

1996 한국교원대학교
컴퓨터교육과(교육학석사)

2016 한국교원대학교 정보영재교육 전공 박사과정 수료
관심분야: 융합영재교육, 피지컬컴퓨팅, EPL
E-Mail: oddogi@unitel.co.kr



김태영

1985 한양대학교
산업공학과(이학사)

1990 Texas A&M University
컴퓨터과학과(Ph.D.)

1994 Texas A&M University 컴퓨터과학과(Ph.D.)
1994~ 현재 한국교원대학교 컴퓨터교육과 교수
관심분야: 컴퓨터교육, 데이터베이스, 프로그래밍
E-Mail: tykim@knue.ac.kr